第33卷 第3期　　　　昆 虫 学 报　　　　Vol. 33, No. 3
1990 年 8 月　　　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　　　Aug., 1990

烟青虫人工饲料的研究*

吴坤君　龚佩瑜　李秀珍
（中国科学院动物研究所，北京）

摘要　本文报道烟青虫 *Heliothis assulta* 的一种人工饲料，其主要成分是麦胚、酵母粉、番茄酱和辣椒粉。与自然食料相比，用这种人工饲料饲养的烟青虫生长快、发育整齐、存活率高，得到的蛹大，成虫繁殖力强。饲料中含0.1—0.2%的 NaCl 对幼虫的生长发育有促进作用。6 龄幼虫对该饲料中干物质、能量和氮的同化效率分别是38.5%、43.9%和48.5%。在连续12代饲养期间，幼虫期存活率在57—92%之间，平均76%。

关键词　烟青虫　人工饲料

烟青虫 *Heliothis assulta* (Guenée) 和棉铃虫 *H. armigera* (Hübner) 是我国常见的两种实夜蛾属重要害虫，两者的形态和为害习性都很相似，容易混淆。国内对棉铃虫的研究相当多，已有几种人工饲料能连续饲养(河北省植保土肥所棉虫组，1978；卓乐姒等，1981；吴坤君，1985)，但对烟青虫的研究很少，它的人工饲料也未见报道。由于烟青虫主要为害辣椒、甜椒、番茄和烟草等直接或间接的食用植物，尤需注意防止化学农药污染，故应推广以生物防治为主的综合防治。配合烟青虫病毒的制备和田间防治试验，我们对烟青虫的人工饲料进行了初步研究，现将结果整理报道于后。

材 料 和 方 法

虫源　1985 年夏，在京郊甜椒地采集老龄幼虫，成虫产卵后用初孵幼虫作为试验虫源。

饲料配方　根据烟青虫的为害特点，设计了四种人工饲料（表 1)。这些配方中只有一种成分不同，为叙述方便起见，分别简称为番茄、甜椒、辣椒和烟叶饲料，这四种原料均系市售品，番茄采用罐装番茄酱，甜椒和辣椒是鲜品，只取果心部分晾干、粉碎，烟叶是晒干的大叶。饲料中各成分的制备、饲料的配制均按常规程序进行(忻介六等，1979；吴坤君，1985)。

饲养方法　初孵幼虫在当天上午接种到指形管 (2.5 × 8.0 cm) 内，每管 5—10 条，3—4 天后(约 2 龄初期)单个饲养，确定供试虫数，各代 1 龄幼虫的存活率均按第 1 代的观察值 (表 2) 估算。化蛹后第二天取雌、雄蛹各 20 个测定平均鲜重。成虫用养虫笼饲养，喂 10%蜂蜜液，测定繁殖力时，从第 4 天起移至桅灯罩 (8.0 × 10.0 cm) 内配对饲养，统计产卵量 (10 只雌蛾的平均值) 和受精卵的孵化率。除越冬代外，饲养室温度不低于 25℃，每日光照时间在 14 小时以上。

本文于 1987 年 12 月收到。
* 国家自然科学基金资助课题的一部分。

表 1 供试人工饲料的组成(克)

成分 \ 饲料名称	番茄	甜椒	辣椒	烟叶
麦胚	40.0	40.0	40.0	40.0
豆粉	10.0	10.0	10.0	10.0
蔗糖	10.0	10.0	10.0	10.0
酵母粉	14.5	14.5	14.5	14.5
番茄浆*	15.0	—	—	—
甜椒	—	15.0	—	—
辣椒	—	—	15.0	—
烟叶	—	—	—	15.0
尼泊金	1.0	1.0	1.0	1.0
山梨酸	0.5	0.5	0.5	0.5
亚油酸(滴)	5	5	5	5
维生素C	2.0	2.0	2.0	2.0
维生素B(片)	10	10	10	10
琼脂	7.0	7.0	7.0	7.0
蒸馏水(ml)	400	400	400	400

* 按干重计算

对饲料利用效率的测定 从干物质、能量和氮三方面测定6龄幼虫对人工饲料的近似消化率 AD 或同化效率 A/I、毛转化率 ECI 或毛生态效率 P/I 和净转化率 ECD 或净生态效率 P/A (Waldbauer, 1968; 曾益良等,1982; 吴坤君等,1986)。样品的能值和含氮量分别用微量能量计和凯氏定氮法测定(吴坤君等,1986;曾益良等,1982)。

结 果 和 分 析

一、不同饲料的饲养结果

第1代幼虫在烟叶饲料上生长很差，取食其余三种饲料时的存活率都在90%左右，成虫平均产卵量700—1100粒，由于个体差异很大，三组之间的差异均不显著，70%以上的受精卵都能正常孵化(表2)。

用自然食料饲养烟青虫比较困难，据我们饲养观察和能查到的资料，幼虫取食不同寄主食料时的存活率只有30%左右，蛹重和成虫平均产卵量也低得多(表3)。

用上述三种人工饲料分别连续饲养第2代的结果(表4)表明，辣椒饲料的饲养效果最佳。番茄饲料组幼虫由于感染病毒病，死亡率较高，但蛹的平均鲜重仍与辣椒饲料组的蛹不相上下。综合两代饲养的结果，参照棉铃虫的人工饲料(吴坤君，1985)并兼顾材料来源的难易，从第3代起对烟青虫的人工饲料作了适当的修改，主要是省去了豆粉、蔗糖，增加了麦胚含量，同时加入番茄酱和辣椒粉两种成分(表5)。

二、NaCl 对幼虫生长的促进作用

昆虫同其它动物一样，也需要从食物中摄入无机盐，昆虫的全纯人工饲料必须含有少量的无机盐混合物(忻介六等,1979)，但在含有植物性物质的实用人工饲料中往往不另添加无机盐，一般认为植物材料中已含有此类物质。然而，有些作者认为寄主植物中 Na^+ 含量不足可能是某些昆虫生长的一个限制因素。例如，汽车在冬季使用除冰盐(NaCl)，飘

表 2　不同饲料的饲养结果(第一代，25±1℃)

饲料名称		番　茄	甜　椒	辣　椒	烟　叶
接种虫数(头)		100	100	100	100
存活率(%)	1 龄幼虫	93.0	90.0	94.0	86.0
	幼虫期	87.0	87.0	92.0	36.0
	蛹期	95.4	93.1	100.0	86.1
幼虫历期(天)*		18.7±0.14[a]	18.7±0.17[a]	18.4±0.13[a]	29.0±0.70[b]
蛹重*(mg)	♀	354.4±7.0[a]	344.7±6.0[a]	355.9±4.6[a]	309.6±9.1[b]
	♂	341.9±5.4[a]	331.0±5.9[a]	338.8±4.3[a]	306.5±7.8[b]
繁殖力	产卵量	1115.1±115.4	724.1±104.8	938.0±122.3	—
	剖腹卵	24.2±18.3	39.5±15.9	26.3±9.2	—
	合计	1139.3±105.1	763.6±154.7	964.3±115.4	—
	孵化率(%)	87.7±2.4	74.1±8.6	77.7±8.8	—
雌蛾寿命(天)		22.1±1.2	19.3±3.2	20.3±1.6	—

* 数值后有不同字母表示差异显著 ($P<0.05$)，表 6 同。

表 3　烟青虫取食自然食料时的生长和繁殖

饲料名称		甜　椒	甜　椒	烟　蕾	辣　椒	棉叶/青铃*
饲养温度(℃)		25—27	24—26	室温	25.6	25.6
存活率(%)	1 龄幼虫	—	—	—	47.5—63.2	30.0—63.4
	幼虫期	—	29.8	—	28.5—37.9	17.0—35.9
	蛹期	—	47.0	—	—	—
	6 龄→化蛹 →羽化	93.4 82.0	— —	— —	— —	— —
	老熟→化蛹 →羽化	— —	— —	68.1 29.8	— —	— —
幼虫历期(天)		—	23.5±0.7	—	20.4	21.8
蛹重(mg)	♀	236.5±6.1	214.7±38.3	249.9±15.4	239.3±35.1	285.5±26.3
	♂	248.4±6.2	245.5±24.7	243.5±7.8		
成虫(♀)	产卵量	363.2±52.9	—	—	430.8	356.6
	寿命(天)	12.7±0.6	—	—	18.6	16.6
备　注		幼虫采自田间	室内饲养	幼虫期在安徽省烟科所饲养	李锦华(1986)	李锦华(1986)

* 1—2 龄幼虫喂嫩棉叶，3 龄后喂青铃。

落到植物表面，有利于以路边植物为食的北美黑条黄凤蝶 *Papilio glaucus* 的发育和繁殖 (Arms 等，1974)。

表 4 不同饲料连续饲养第二代幼虫的结果(25±1℃)

饲料名称		番茄	甜椒	辣椒
接种虫数(头)		100	100	100
存活率(%)	幼虫期	55.0*	76.0	85.0
	蛹期	83.6	96.1	100.0
蛹重(mg)	♀	341.7±7.9	329.4±7.3	348.7±5.0
	♂	351.0±4.9	319.2±5.7	338.7±5.1

* 镜检表明,因感染病毒死亡的幼虫占总死亡数的 89%.

表 5 修改后的烟青虫实用人工饲料

成分	用量(g)	成分	用量(g)
麦胚	50.0	山梨酸	0.5
番茄酱*	10.0	琼脂	8.0
辣椒	14.0	亚油酸(滴)	5
酵母粉	14.5	氯化钠	0.2
维生素C	2.0	蒸馏水(ml)	400
尼泊金	1.0		

* 按干重计算。

表 6 饲料中 NaCl 含量对幼虫生长发育的影响(25±1℃)

含量(%)		0	0.1	0.2	0.3	0.4
接种虫数(头)		70	50	60	50	50
存活率(%)	幼虫期	77.1	80.0	85.0	78.0	72.0
	蛹期	92.6	97.5	94.1	94.9	91.7
幼虫历期(天)		17.4±0.3[b]	16.5±0.3[a]	17.0±0.3[ab]	17.3±0.4[ab]	17.9±0.5[b]
发育整齐度*		0.62	0.68	0.66	0.56	0.58
蛹重(mg)	♀	303.2±6.6	294.0±5.7	306.8±4.8	303.9±8.4	282.5±5.9
	♂	290.0±8.4	297.8±6.2	289.5±5.7	280.3±6.9	281.3±6.9

* 化蛹高峰期 3 天内化蛹数与化蛹总数的比值,表 7、9 同。

我们的试验证明(表 6),在人工饲料中添加微量 NaCl 也有利于烟青虫的存活,缩短幼虫历期,使幼虫发育更加整齐,但用量不宜超过饲料干物质含量的 0.2%,否则,适得其反。

三、幼虫在紫云英-麦胚饲料上的生长

紫云英-麦胚人工饲料是饲养棉铃虫的良好饲料(吴坤君,1985),用它饲养烟青虫时,存活率也很高,但与现在的饲料相比,幼虫历期明显延长,发育不够整齐,化的蛹也小些(表 7,图 1)。

四、幼虫对饲料的利用和转化

鳞翅目幼虫在最后一个龄期食量最大、生物量增加最多,在该龄期测定其对食物的利

表 7　烟青虫取食两种饲料时生长发育的比较(26—27℃)

饲料		本饲料	紫云英-麦胚饲料
接种虫数(头)		120	80
存活率(%)	幼虫期	88.3	91.3
	蛹期	93.4	97.3
幼虫历期(天)		15.7±0.3*	17.2±0.3
发育整齐度		0.88	0.67
蛹重(mg)	♀	324.6±6.0*	309.3±4.1
	♂	309.4±3.3	302.0±4.7

* 两组数值差异显著 ($P<0.05$)。

表 8　6 龄幼虫对饲料的消化和利用*

测定项目	效率(%)			比率
	AD (A/I)	ECI (P/I)	ECD (P/A)	P:R
物质	38.54	21.24	55.35	—
能量	43.94	29.83	67.96	2.14
氮	48.48	—	—	—

* 15 条 6 龄幼虫在第 1—3 天的平均值。

用和转化效率比较可靠，大致上能反映整个幼虫期的情况(Montgomery, 1982)。在试验条件下，烟青虫 6 龄(末龄)幼虫历期约 4 天，其中前三天发育比较整齐，对本饲料中干物质、能量和氮的利用情况列于表 8。据报道，在已研究过的同一属昆虫中，谷实夜蛾 *H. zea* 幼虫在第 7—9 天对人工饲料中干物质的 AD、ECI 和 ECD 分别是 23.9%、13.6%和 57.2% (Brewer 等，1979)；棉铃虫 6 龄幼虫第 3 天取食棉桃时的 AD 约 50%(曾益良等，1982)，6 龄幼虫在第 1—2 天对人工饲料中干物质的 AD、ECI 和 ECD 分别是41.0%，26.7%和 65.0%(吴坤君，1985)，整个 6 龄幼虫期对紫云英-麦胚人工饲料中能量的 A/I、P/I、P/A 和 P:R 分别是 46.8%，23.5%，50.2%和 1.0 左右(吴坤君等，1986)。由此可见，烟青虫对这种饲料的利用和转化效率也是比较高的，尤其是对能量的转化效率高，P:R 比达 2.14。

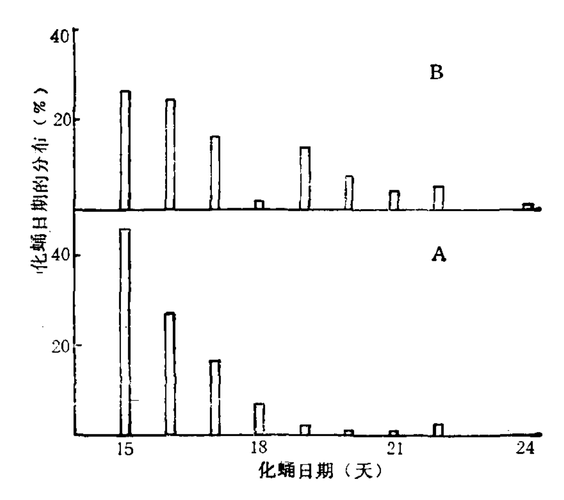


图 1　烟青虫取食本饲料 (A) 和紫云英-麦胚人工饲料 (B) 时化蛹日期的分布(%)

五、连续饲养的结果

在三年内已用本饲料连续饲养烟青虫 12 个世代，幼虫期和蛹期的平均存活率分别为

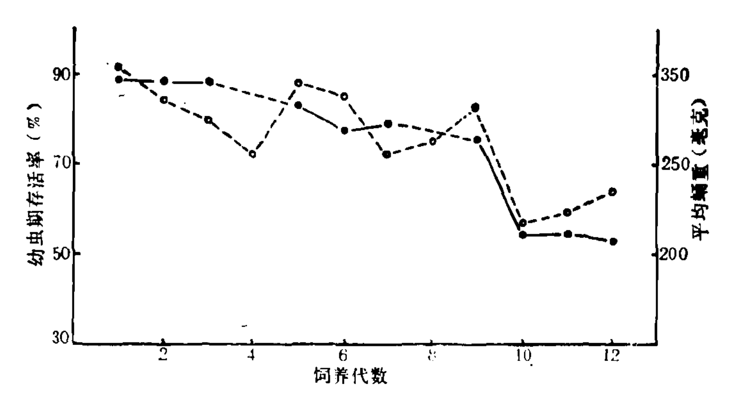


图 2 烟青虫在连续饲养期间的幼虫存活率和平均蛹重(第 4 和第 8 代是越冬代，未称蛹重)
○---○ 幼虫期存活率 ●——● 平均蛹重

76.0%和 85.8%。其间，抽查第 6 代卵的孵化率高达 90%以上，第 7 代成虫平均产卵量是 843 粒，比第 1 代减少百余粒。从图 2 可以看出，随着饲养代数的增加，幼虫存活率和蛹重都有下降的趋势，第 12 代幼虫的存活率是 60.0%，两性蛹平均鲜重 218.5 毫克，与第 1 代相比，均有较大幅度的降低，但卵的孵化率仍在 80%左右(表 9)。考虑到用自然食料饲养的困难(表 3)，可以认为本饲料在目前仍不失为烟青虫的良好人工饲料。

表 9 烟青虫的复壮试验(26－27℃)

组别		复壮组	对照组
接种虫数		72	50
幼虫期	存活率(%)	90.3	60.0
	历期(天)	15.8±0.2*	17.8±0.5
发育整齐度		0.83	0.47
蛹重(mg)	♀	315.7±4.9*	208.5±9.1
	♂	307.0±3.5*	228.5±15.8
受精卵的孵化率(%)		92.1±1.7*	79.5±5.4

* 两组数值差异显著 ($P<0.05$)。

讨 论

世界上常见的实夜蛾属重要害虫有棉铃虫、谷实夜蛾 *H. zea*、烟芽夜蛾 *H. virescens* 和烟青虫(烟夜蛾)等 4 种，前 3 种均已能用人工饲料大量繁殖，本文首次报道烟青虫的人工饲料。这种饲料组成简单，主要成分麦胚、番茄酱和辣椒粉取材方便、成本低，用它连续饲养 12 个世代，幼虫存活率仍达 60%，远较用各种自然食料饲养的第 1 代的存活率高，是烟青虫的实用人工饲料。

烟青虫和棉铃虫的形态和为害习性都很相似，发生季节也差不多，过去一般认为它们的寄主植物大致相同，在田间混同发生，但没有可靠的证据。近年来已有调查表明，两者的寄主植物基本上不同，只在番茄上混合为害(李锦华，1986)。我们曾用紫云英-麦胚人

工饲料连续饲养棉铃虫10多代，效果很好(吴坤君，1985)。如果烟青虫和棉铃虫的寄主植物基本相同的话，用该饲料饲养烟青虫，也应有满意的效果，但事实并非如此(表7)，这也从一个侧面提供了两者的主要寄主植物并不相同的信息。

摆脱自然食料的季节限制，常年提供发育整齐、生理状态划一的昆虫，满足各种试验的需要是发展人工饲料的主要目的之一。如果昆虫生长不整齐，势必要增加饲养数量，淘汰一部分不能按时使用的个体，造成不必要的浪费。因此，昆虫发育是否整齐也应视为衡量人工饲料优劣的标准之一。一般说来，昆虫取食合适的人工饲料时，幼虫生长快、发育整齐、存活率高、对饲料的利用和转化效率也高，得到的蛹大、成虫的繁殖力强。但在有些情况下，其中的个别指标并不完全一致。例如，用紫云英-麦胚人工饲料饲养烟青虫时，幼虫的存活率很高，然而生长较慢，发育也不如用现在的饲料整齐(表7，图1)。昆虫发育是否整齐是一个相对的标准，因为个体发育速率的差异是客观存在的。就烟青虫而言，在25℃下用本饲料饲养时，同一批幼虫的化蛹高峰期是3—4天；不管化蛹迟早，蛹期基本上不变；成虫羽化时间相差4天以上，往往就不能正常交配产卵。因此确定以幼虫化蛹高峰期3天内化蛹数与总化蛹数的比值作为衡量发育整齐度的标准。按这个标准统计，第一代幼虫取食不同人工饲料时的发育整齐度依次是0.81(辣椒饲料)、0.81(甜椒饲料)、0.78(番茄饲料)和0.30(烟草饲料)，与其它指标(表2)基本上是一致的。在比较饲料中NaCl用量对幼虫生长发育的影响时(表6)，由于增加了发育整齐度这个指标，才能明确地判断NaCl含量不宜超过0.2%。

在室内长期连续饲养昆虫，无论是用人工饲料还是用自然食料，种群的生活力都会出现不同程度的衰退现象，一般认为这主要是遗传因素造成的(Mackaver, 1972; Waldbauer, 1984)。实验室种群通常源于少量野外个体，有时只是几对成虫，它的遗传异质性本来就比较贫乏，加之在基本恒定的条件下连续饲养、同宗近缘繁殖，这个隔离种群的遗传同质性必然不断增加，导致存活率、个体大小、发育整齐度和繁殖力的全面下降。适当变动饲养环境条件如温度和饲料等，或采取分组饲养、间隔一定代数后再进行组间配对繁殖的方法，都有可能延缓其生活力衰退的速度。用本饲料连续饲养烟青虫到第10代时，幼虫存活率和蛹重都出现较大幅度的下降(图2)。为此，我们用第11代成虫进行了复壮试验，方法是从田间采集6龄幼虫，成虫羽化后取雄蛾与用人工饲料连续饲养的第11代雌蛾配对，观察其后代的生活力。从表9可见，处理组的所有指标均明显优于对照组，发育整齐度几乎提高一倍。从实用角度来看，用这种方法来缓解连续饲养的昆虫的生活力衰退速度是简便易行的。

参　考　文　献

忻介六、苏德明　1979　昆虫、螨类和蜘蛛的人工饲料。科学出版社。
吴坤君　1985　棉铃虫的紫云英-麦胚人工饲料。昆虫学报　28(1)：22—9。
吴坤君、龚佩瑜、李秀珍　1986　棉铃虫的能量收支。昆虫学报　29(2)：149—58。
李锦华　1986　棉铃虫和烟青虫的寄主特点和室内饲养观察。昆虫知识　23(1)：12—4。
河北省植保土肥所虫害室棉虫组　1978　人工饲料饲养棉铃虫的几个问题。昆虫知识　15(4)：122—3。
卓乐姒、黄月兰、杨家荣　1981　棉铃虫人工饲料的研究。昆虫学报　24(1)：108—10。
曾益良、龚佩瑜、姜立荣、张梅林　1982　施氮量对棉株和棉铃虫的影响。昆虫学报　25(1)：16—23。
Arms, K., Feeny, P. P. & R. C. Lederhouse 1974 Sodium: Stimulus for puddling behaviour by tiger swallow-

tail butterflies *Papilio glaucus*. *Science* **185**: 372—4.
Brewer, F. D. & E. G. King 1979 Consumption and utilization of soyflour-wheat germ diets by *Heliothis* spp. *Ann. Ent. Soc. Am.* **72**: 415—7.
Mackaver, M. 1972 Genetic aspects of insect production. *Entomophaga* **17**: 27—48.
Montgomery, M. E. 1982 Life-cycle nitrogen budget for the gypsy moth, *Lymantria dispar*, reared on artificial diet. *J. Insect Physiol.* **25**: 437—42.
Waldbauer, G. P. 1968 The consumption and utilization of food by insects. *Adv. Insect Physiol.* **5**: 229—88.

STUDIES ON ARTIFICIAL DIETS FOR REARING THE TOBACCO BUDWORM *HELIOTHIS ASSULTA* (GUENÉE)

WU KUN-JUN GONG PEI-YU LI XIU-ZHEN
(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing*)

An artificial diet composed essentially of wheat germ, yeast powder, canned tomato paste and ground hot pepper was used to rear the tobacco budworm *Heliothis assulta* in successive generations. The performance of the larvae fed with the artificial diet was found to be better than that of the larvae fed with their food plants, as shown in the survival rate as well as the uniformity of growth, and the fecundity of the female moths The addition of 0.1—0.2% NaCl to the diet was beneficial to the growth of the larvae. The assimilation efficiencies of dry matter, energy and nitrogen from the diet by the larvae during the first three days of the last instar were 38.5%, 43.9% and 48.5%, respectively. This insect species has been reared on the artificial diet continuously for 12 generations and the survival rates for larval stage ranged from 57% to 92% with an average of 76%.

Key words *Heliothis assulta*——artificial diet